

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company**

2017

Zdeněk Šindýlek

Zadání bakalářské práce

Student:

Zdeněk Šindýlek

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: ha-vel internet s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeňka Chmelíková, Ph.D.**


Konzultant bakalářské práce: Michal Skotnica

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry

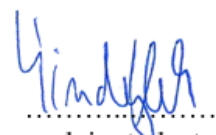



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: *24. dubna 2017*


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych na tomto místě chtěl poděkovat společnosti ha-vel internet s.r.o., za možnost absolvování odborné praxe, Lukáši Vymětalovi, který mi zadával práci, byl vždy ochotný mi se vším poradit a dávat mi úkoly, při kterých jsem mohl uplatnit znalosti, kterým jsem se naučil během studia. Také bych chtěl poděkovat celému technickému oddělení, jejichž přístup k práci vytvářel příjemné pracovní prostředí.

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 21. dubna 2017

ha-vel®
FUTURE OF COMMUNICATION

1

ha-vel internet s.r.o.
Olešná 682/11A, 712 00 Ostrava - Muglinov
IČ: 25314973, DIČ: CZ25314973, www.ha-vel.cz

podpis zástupce

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá průběhem individuální odborné praxe ve společnosti ha-vel internet s.r.o. Cílem praxe bylo v první řadě seznámit se s nasazovanými technologiemi této společnosti, pokročilým konfigurováním mikrovlnných spojů od mnohých výrobců, pokročilým konfigurováním switchů postavených na operačním systému OpenWRT a diagnostikou mikrovlnných spojů, které nám byly poslány z ostatních poboček firmy, abychom určili konečnou závadu. Práce obsahuje vyjádření k výběru absolvování praxe a krátký popis odborného zaměření společnosti. Poté je uveden seznam úkolů, které jsem během odborné praxe obdržel a způsob, jak jsem je vyřešil. V závěru práce je uveden osobní přínos z praxe.

Klíčová slova

Odborná praxe, ha-vel internet, mikrovlnné spoje, konfigurace, diagnostika

Abstract

This bachelor thesis addresses the course of individual profession practice in the ha-vel internet ltd. The aim of this practice was at first to familiarize with the technologies that they are working with, advanced configuration of microwave links from various vendors, advanced configuration of OpenWRT based switches and a diagnose of microwave links which were sent to us from the other branches to determine final fault. This thesis includes reasons why I have chosen the practice, a brief description of the specialization of the company and its history. Followed by the list of assigned tasks given during the period of profession practice and my solutions. In conclusion of this thesis is described my personal benefit from the practice.

Key words

Profession practice, ha-vel internet, microwave links, configurations, diagnostics

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	8
SEZNAM ILUSTRACÍ	9
2 ÚVOD.....	10
3 POPIS ODBORNÉHO ZAMĚŘENÍ FIRMY	11
3.1 POSKYTOVANÉ TELEKOMUNIKAČNÍ SLUŽBY.....	11
3.2 HISTORIE SPOLEČNOSTI	11
4 ODBORNÉ ZAMĚŘENÍ STUDENTA	12
5 SEZNAM ÚKOLŮ ZADANÝCH STUDENTOVÍ V PRŮBĚHU ODBORNÉ PRAXE	13
5.1 PRÁCE S MIKROVLNNÝMI SPOJI OD SPOLEČNOSTÍ DRAGONWAVE, RACOM A SIAE.....	13
5.2 VYRÁBĚNÍ „BEDEN“ ANEB „BONDING“ VDSL MODEMŮ	13
5.3 KONFIGURACE MASH SÍTĚ PRO KLIENTA NA ZAŘÍZENÍCH ARUBA AP-103	13
5.4 ZAPOJENÍ, KONFIGURACE A TESTOVÁNÍ OPTICKÉHO SPOJE	13
6 PRÁCE S MIKROVLNNÝMI SPOJI OD SPOLEČNOSTÍ DRAGONWAVE, RACOM A SIAE	14
6.1 O MIKROVLNNÝCH SPOJÍCH	14
6.1.1 Kmitočtové spektrum	14
6.1.2 Mikrovlnné spoje s individuálním oprávněním.....	15
6.1.3 Kapacita rádiového kanálu.....	17
6.1.4 Modulace	17
6.2 MIKROVLNNÉ SPOJE OD SPOLEČNOSTI DRAGONWAVE	19
6.2.1 Harmony Radio.....	19
6.2.2 Harmony Enhanced	19
6.3 MIKROVLNNÉ SPOJE OD SPOLEČNOSTI RACOM.....	20
6.3.1 R _{Ay} a R _{Ay2}	20
6.4 MIKROVLNNÉ SPOJE OD SPOLEČNOSTI SIAE.....	20
6.4.1 SIAE ALFO+ 80	20
6.5 DIAGNOSTIKA A PRÁCE S MIKROVLNNÝMI SPOJI	20
6.5.1 Práce s jednotkami Harmony Enhanced	21
6.5.2 Problémy s IPL	24
6.5.3 Diagnostika mikrovlnných spojů	26
7 AGREGACE VDSL LINEK, VYRÁBĚNÍ TZV. „BEDEN“	29
7.1 PRÁCE S ROUTERY OD FIRMY MIKROTIK A ZBT A JEJICH KONFIGURACE	30
7.1.1 OpenWRT.....	30
7.1.2 Přehrávání firmwarů směrovačů RB750 a ZBT WE826e.....	31
7.1.3 Konfigurace routerů pro VDSL „bonding“	32
8 KONFIGURACE MASH SÍTĚ NA ZAŘÍZENÍCH ARUBA AP-103	33
8.1 JAK NASTAVIT ZAŘÍZENÍ ARUBA AP-103.....	34
9 TESTOVÁNÍ A KONFIGURACE OPTICKÉHO SPOJE	35
10 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY V PRŮBĚHU ODBORNÉ PRAXE A ZHODNOCENÍ.....	37
POUŽITÁ LITERATURA.....	38

Seznam použitých zkratk a symbolů

AP	– Access Point
ATPC	– Adaptive Power Transmission Power Control
ČTU	– Český telekomunikační úřad
DW	– DragonWave
DWDM	– Dense Wavelength Division Multiplexing
HE	– Harmony Enhanced
HR	– Harmony Radio
IP	– Internet Protocol
IPL	– Initial Program Loader
ISDN	– Integrated Services Digital Network
ISM	– Industrial, Scientific and Medical
LTE	– Long Term Evolution
MAC	– Media Access Control
MER	– Modulation Error Ratio
MIMO	– Multiple In Multiple Out
PoE	– Power over Ethernet
QAM	– Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	– Quadrature Phase Shift Keying Modulation
RMA	– Return Material Authorization
SNMP	– Simple Network Management Protocol
SNTP	– Simple Network Time Protocol
VDSL	– Very High Speed Digital Subscriber Line
VLAN	– Virtual Local Area Network
XPIC	– Cross Polarization Interference Cancellation

Seznam ilustrací

<i>Obrázek 1: Dělení frekvenčního pásma dle 521 IEEE 2002 [3].....</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 2: Měrný útlum pro atmosférický kyslík a vodní páry [2]</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 3: Výňatek z všeobecného oprávnění č. VO-R/14/12.2012-17 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení v kmitočtovém pásmu 10 GHz [4]</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 4: Konstelační diagram QPSK modulace s Grayovým mapováním</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 5: Konstelační diagramy několika variant QAM modulace (a) 16QAM, (b) 64QAM, (c) 256QAM.....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 6: Srovnání závislosti chybovosti BER na poměru CNR u jednotlivých M-QAM modulačních schémat a M-PSK schémat [5].....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 7: Jak funguje XPIC technologie.....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 8: Utilita Force IPL a její nastavení.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 9: Příklad odchyťování ARP paketů k zjištění zdrojové adresy.....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 10: Testování jednotek Harmony Radio</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 11: „Bedna“ s 8 mi modemy</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 12: Rozhraní routeru RouterBoard RB750.....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 13: Ilustrační obrázek zařízení Aruba AP-103</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 14: Schéma fyzického zapojení optického spoje</i>	<i>35</i>

1 Úvod

Tuto bakalářskou práci jsem vykonával ve společnosti ha-vel internet s.r.o., kterou jsem našel díky studentskému portálu Katis, a protože mě její popis velice zaujal, ihned jsem se na ni přihlásil. Tato bakalářská práce mně velmi zaujala z důvodu, že mě velice baví síťové technologie a rád se zabývám jejich problematikou a řeším případné problémy. V této bakalářské práci nebudu uvádět všechny úkoly, které mi byly zadány, ale napíši zde jen o těch, které byly nejvíce časově náročné, nejzajímavější a pro mě nejvíce přínosné z pohledu uplatnění znalostí, které jsem na vysoké škole nabyt.

Druhá kapitola je věnována popisu firmy, jejímu působení, odbornému zaměření a krátce také její historii a působnosti v České republice a na Slovensku. Třetí kapitola popisuje pracovní zařazení neboli mou funkci ve firmě. Čtvrtá kapitola obsahuje seznam úkolů, které mi byly zadány v průběhu praxe a jejich časová náročnost. Pátá až osmá kapitola se věnuje teoretickému a praktickému řešení většiny zadaných úkolů, včetně zhodnocení teoretických a praktických dovedností, které jsem získal během studia a poté je uplatnil během praxe. Devátá kapitola je pak věnována dosaženým výsledkům, celkovému zhodnocení odborné praxe a znalostem či dovednostem, které mi v průběhu praxe scházely.

2 Popis odborného zaměření firmy

Ha-vel internet s.r.o. je telekomunikační společnost, která je součástí telekomunikační skupiny ha-vel, jež sdružuje společnosti poskytující špičkové telekomunikační služby. Vedle společnosti ha-vel internet s.r.o. do této telekomunikační skupiny patří i společnost ha-vel Slovakia s.r.o., která rovněž nabízí stejné služby zákazníkům na Slovensku. Telekomunikační skupina ha-vel nabízí individuální přístup při řešení potřeb v oblasti hlasových a internetových služeb ve výhodném poměru cena/výkon. Všem zákazníkům poskytuje široké spektrum telekomunikačních služeb. Telekomunikační síť ha-vel je dostupná na území celé České republiky.

Po letech růstu a vývoje má vybudováno kompletní zázemí sestávající z obchodního, technického a administrativního týmu, doplněné o nonstop služby centra péče o zákazníka (CRM) a dohledového centra (HOTLINE).

Mezi některé jejich zákazníky patří Česká pošta, Lesy ČR, Policie ČR, Moneta Bank, Student Agency, Vodafone ČR, T-mobile a další.

2.1 Poskytované telekomunikační služby

K telekomunikačním službám, které společnost ha-vel nabízí, patří ha-vel Premium Cloud, což jsou cloudová řešení pro malé i velké firmy, ke kterým patří služby jako cloud hosting, privátní cloud, hybridní cloud a geocloud. Dále nabízí multimediální prezentační a informační systémy s názvem ha-vel MMS. Kompletní řešení videokonferencí a kamerových systému. Hlasové služby a kompletní řešení pro call centra, velké firmy i domácnosti. A v neposlední řadě také pronájmy datových okruhů a poskytování internetu především korporacím, operátorům a internetovým providerům s garantovanou rychlostí až 10 Gb/s.

2.2 Historie společnosti

Společnost ha-vel internet s.r.o. byla založena v roce 1996 ve Frýdku-Místku. Za dobu svého působení na trhu se dokázala vypracovat z lokálního poskytovatele internetového připojení ve významného českého telekomunikačního operátora s celostátní působností, poskytujícího komplexní IT řešení především v segmentu středních a velkých firem. [1]

3 Odborné zaměření studenta

Když jsem nastoupil na odbornou praxi, byly mi dávány různé úkoly, aby zjistili, která práce mi bude nejvíce vyhovovat a ve které oblasti provozu bych jim mohl nejvíce pomoci. Proto jsem se během odborné praxe setkal s velkým množstvím různých technologických prvků od přepínačů a směrovačů přes mikrovlnné spoje, až po optické spoje a jejich techniku.

Během odborné praxe jsem měl k dispozici velké množství technických prvků k testování, hledání závad a konfiguraci. Také jsem měl možnost jet několikrát do terénu, kde jsme instalovali hardware a komunikovali s našimi klienty. Nakonec jsem našel místo na technickém oddělení firmy, kde jsem pomáhal s nastavováním mikrovlnných spojů a jejich diagnostikou, konfiguracemi routerů a uplatnil know-how, které jsem získal během studia na vysoké škole a snažil jsem se tyto znalosti předat i ostatním, již zkušenějším, kolegům.

4 Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe

4.1 Práce s mikrovlnnými spoji od společností Dragonwave, Racom a SIAE

Časově nejnáročnější byla práce s mikrovlnnými spoji od společností DragonWave, Racom a SIAE. K práci na těchto spojích patřila jejich konfigurace před tím, než byly nasazené na síť, dále diagnostika, co s nimi bylo špatně, když z nějakého neznámého důvodu přestaly fungovat, za třetí snaha tyto vady odstranit a důkladně je otestovat, a v neposlední řadě na ně nahrát nejaktuálnější firmware. **30 dnů**

4.2 Vyrábění „beden“ aneb „bonding“ VDSL modemů

Druhý časově nejnáročnější úkol bylo vyrábění takzvaných „beden“, které obsahovaly VDSL modemy a router, který všechny tyto modemy společně sdružoval a vytvářel most, díky kterému pak ve výsledku získali klienti velice rychlé připojení a hlavně velice rychlý upload, který je u technologie xDSL největší slabinou. **15 dnů**

4.3 Konfigurace MASH sítě pro klienta na zařízeních Aruba AP-103

Během odborné praxe jsem dělal i méně náročné úkoly. Jedním z nich byla konfigurace MASH sítě na zařízeních Aruba AP-103 pro jednoho našeho klienta. Toto zařízení bylo v naší firmě úplnou novinkou a tak jsem dostal za úkol, kromě konfigurace, vytvořit i manuál pro další techniky, kteří by se s tímto zařízením setkali. **3 dny**

4.4 Zapojení, konfigurace a testování optického spoje

Nejkratší, ale pro mě jedna z nejvíce zajímavých zkušeností byla zapojení, konfigurace a testování optického spoje. Tato zkušenost zahrnovala zprovoznění technologie DWDM, konfiguraci prepínačů od firmy HP a testování propustnosti na různé vzdálenosti. **2 dny**

5 Práce s mikrovlnnými spoji od společností DragonWave, Racom a SIAE

5.1 O mikrovlnných spojích

Mikrovlnný spoj je zařízení pro přenos digitálního signálu velkou rychlostí na vzdálenost stovek metrů až desítek kilometrů. Typicky se používají v konfiguraci bod-bod. K těmto přenosům se využívá frekvenční rozsah 1–80 GHz. Tyto frekvence odpovídají vlnovým délkám o velikost 30 cm až 3,75 mm.

5.1.1 Kmitočtové spektrum

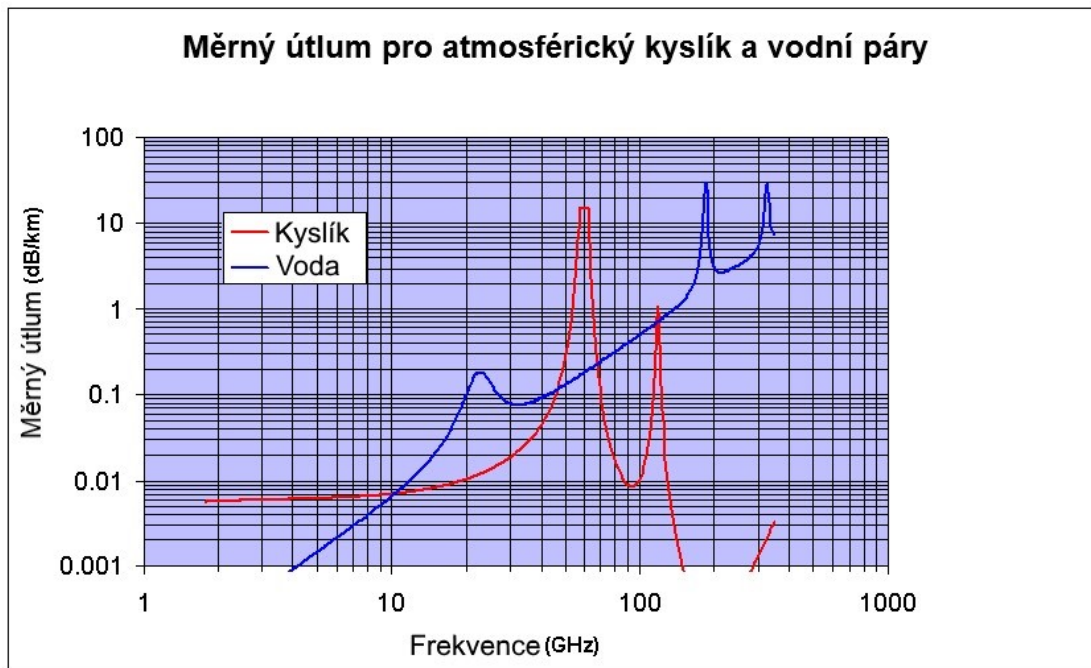
Dle dělení kmitočtového pásma podle Standardu 521 IEEE z roku 2002 tyto frekvence odpovídají zkratkám L až W. (Viz Obrázek 1.)

Zkratka	Rozsah kmitočtů
UHF	0,3 ... 1 GHz
L	1 ... 2 GHz
S	2 ... 4 GHz
C	4 ... 8 GHz
X	8 ... 12 GHz
Ku	12 ... 18 GHz
K	18 ... 27 GHz
Ka	27 ... 40 GHz
V	40 ... 75 GHz
W	75 ... 110 GHz
mm	110 ... 300 GHz

Obrázek 1: Dělení frekvenčního pásma dle 521 IEEE 2002 [3]

Je důležité si uvědomit, že s takto velkým frekvenčním rozsahem také souvisí rozdílný atmosférický měrný útlum (viz Obrázek 2) a také je třeba při plánování stavby těchto spojů brát v potaz již vybudované a plánované zástavby a také lesní porost, protože i tyto překážky zvyšují nežádoucí útlum. Projevují se zde i vlivy počasí. K útlumu dochází například při hustém dešti nebo mlze.

Proto je při výběru vhodné technologie k nasazení potřeba zvážit frekvenci, na které bude technologie provozována. Během odborné praxe jsem se seznámil s mikrovlnnými spoji na frekvencích 2,4, 10, 17, 18, 32 a 80 GHz. S ohledem na nízký měrný útlum ve vzduchu jsou tyto frekvence nejvhodnější.



Obrázek 2: Měrný útlum pro atmosférický kyslík a vodní páry [2]

5.1.2 Mikrovlnné spoje s individuálním oprávněním

Další věc, kterou musíme brát při plánování mikrovlnných spojů do úvahy je potřeba individuálního oprávnění od ČTÚ, protože ne na všech kmitočtech lze bez poplatků provozovat mikrovlnné spoje.

Provozovatelé radiokomunikační služby mohou službu provozovat na regulovaném pásmu (pásmo je zpoplatněné, ČTÚ hlídá dodržování pravidel, což vede k minimalizaci rušení) nebo ve volném pásmu, které není regulováno. Na úrovni státní legislativy vydává orgán ČTÚ vyhlášku zvanou VO-R (Všeobecné oprávnění k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu). VO-R obsahuje detailní informace o kmitočtových segmentech, jejich použití, maximálním povoleném vyzáření výkonu, druhu provozu, obsazenosti kanálu v čase a další doplňkové informace. Zařízení provozovaná v souladu s VO-R nepodléhají územnímu plánování, kdy žadatel nemusí písemně oznamovat na ČTÚ provoz takového rádiového zařízení. [3]

Příklad vyhlášky č. VO-R/14/12.2012-17 viz Obrázek 3. Z tohoto obrázku můžeme například z tabulek vyčíst čísla a kmitočty jednotlivých rádiových kanálů a maximální šířku pásma, kterou může jeden kanál zabírat. Také je zde uveden nejvyšší střední výkon, který může stanice napájet do anténního napaječe. Na mikrovlnných spojích ale zpravidla nastavujeme výkonovou úroveň v decibel miliwattech [dBm] a tak je potřeba tento výkon vypočítat za pomoci následujícího vzorce pro výpočet referenčního výkonu, v našem případě 1 mW:

$$P_{dBm} = 10 \log P \text{ [dBm; mW]} \quad (5.1)$$

Výpočtem zjistíme, že maximální hodnota výkonové úrovně, kterou můžeme nastavit na mikrovlnném spoji je 3dBm.

c) stanice využívají tyto kmitočty:

Číslo kanálu	Jmenovitý kmitočet středu kanálu [MHz]	Max. zabraná šířka pásma [MHz]	Číslo kanálu	Jmenovitý kmitočet středu kanálu [MHz]	Max. zabraná šířka pásma [MHz]
0	10 308	14	7	10 490	28
1	10 322	28	7a	10 504	14
1a	10 336	14	8	10 518	28
2	10 350	28	8a	10 532	14
2a	10 364	14	9	10 546	28
3	10 378	28	9a	10 560	14
3a	10 392	14	10	10 574	28
4	10 406	28			

d) pro přenos signálu, který nevyžaduje plnou zabranou šířku pásma, je možno stanicí využívat doplňkové kanály, jejichž střední kmitočty jsou odvozeny od kmitočtů výše uvedených kanálů dle vzorců:

$$f = f_n \pm 7 \text{ MHz} \quad \text{pro maximální zabranou šířku pásma 14 MHz}$$

nebo

$$f = f_n \pm 3,5 \text{ MHz} \quad \text{pro maximální zabranou šířku pásma 7 MHz,}$$

kde f je jmenovitý kmitočet středu doplňkového kanálu [MHz] a f_n je jmenovitý kmitočet středu kanálu [MHz] uvedeného v tabulce pod písm. c), přičemž nesmí být použit kanál s jmenovitým středním kmitočtem 10 301 MHz;

e) kmitočtová odchylka využívaného kmitočtu může být maximálně 10^{-4} ;

f) střední výkon³⁾ dodávaný stanicí do anténního napáječe může být maximálně 2 mW;

g) stanice musí být nastavena na pevný kmitočet; funkce automatické změny vysílacího rádiového kmitočtu je zakázána;

h) spektrální výkonová hustota na státní hranici nesmí přesáhnout hodnotu $-122 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$;

i) stanice musí využívat lineární polarizaci elektrické složky elektromagnetického pole horizontální nebo vertikální; to neplatí v případě křížové polarizace. Potlačení vyzařování antény v úhlech větších než 10° od osy vyzařování musí být minimálně 20 dB;

j) využívání rádiových kmitočtů provozovatelem stanice nemá zajištěnu ochranu proti škodlivé interferenci způsobené využíváním rádiových kmitočtů v rámci přednostní radiokomunikační služby na základě individuálního oprávnění a zároveň nesmí způsobovat škodlivou interferenci uživatelům využívající rádiové kmitočty v rámci přednostní radiokomunikační služby na základě individuálního oprávnění. Případnou škodlivou interferenci mezi stanicemi provozovatelů využívajících rádiové kmitočty na základě všeobecného oprávnění řeší fyzické a právnické osoby vzájemnou dohodou. Nedohodnou-li se, postupuje se podle § 100 zákona;

k) stanice nesmí být elektricky ani mechanicky měněna.

Obrázek 3: Výňatek z všeobecného oprávnění č. VO-R/14/12.2012-17 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení v kmitočtovém pásmu 10 GHz [4]

5.1.3 Kapacita radiového kanálu

Kapacita každého radiového kanálu mikrovlnných spojů C_0 je definována Shannon-Hartleyovým vztahem jako maximální množství informace (v bitech) přenesených za 1s při nekonečně malé chybovosti BER.

$$C_0 = B \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) \quad (5.2)$$

Kde C_0 je kapacita kanálu,
 B je šířka radiového kanálu,
 S je výkon užitečného signálu,
 N je výkon šumu.

Tento vztah nám říká, že maximální přenosové kapacity dosáhneme při výkonově a pásmově neomezeném kanálu, při chybovosti BER blížící se k nule a téměř nulovém šumu. Pokud tedy chceme dosáhnout určité požadované kapacity, musíme změnit parametry B , S a N .

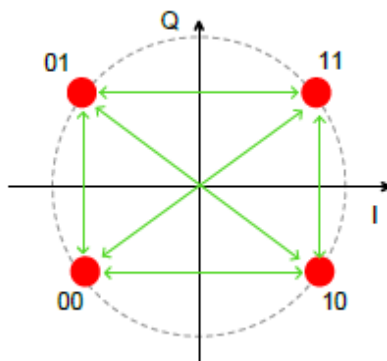
Jak jsem ale již naznačil, šířku kanálu a hodnotu maximální výkonové úrovně máme již předem definovanou. Pokud tedy chceme navýšit přenosovou kapacitu kanálu, můžeme šířku pásma ovlivnit vhodným výběrem modulace s velkou energetickou účinností (typicky jsme používali vícecestavové modulace až s 256QAM).

5.1.4 Modulace

Hlavním důvodem, proč používáme modulace, je snaha zvětšení přenosové kapacity. U mikrovlnných spojů se nejčastěji setkáme s QPSK (Quadrature PSK) modulací a s QAM (Quadrature AM).

QPSK modulace

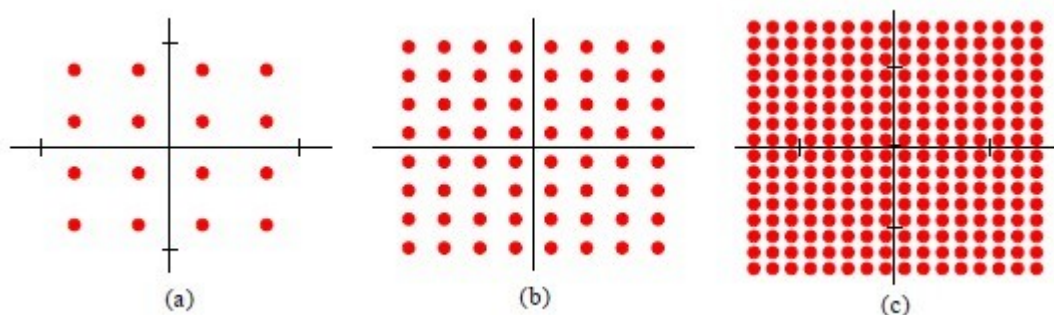
QPSK modulace (kvadrurní fázová modulace) patří k základní modulaci na mikrovlnných spojích. Zejména ji využíváme, pokud stavíme nový spoj a snažíme se naladit antény. Výhoda této modulace, oproti jiným více stavovým modulacím je ta, že je ze všech nejrobustnější. To je zapříčiněno pouze čtyřmi stavy (viz Obrázek 4), ve kterých se může signál vyskytovat a tím, že se u této modulace pouze mění fáze signálu, kdežto amplituda zůstává stejná. QPSK modulace díky 4 stavům může přenést maximálně 2 bity najednou.



Obrázek 4: Konstelační diagram QPSK modulace s Grayovým mapováním

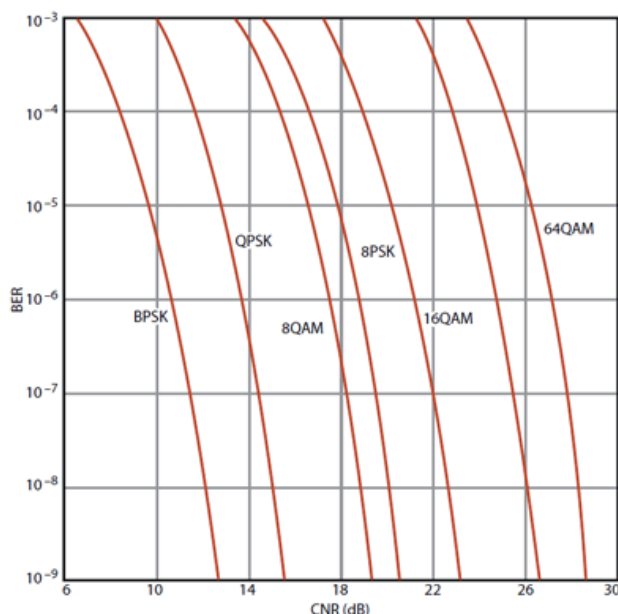
M-QAM modulace

QAM modulace (kvadrurní amplitudová modulace) je v současné době nejpoužívanějším modulačním schématem. U této modulace se oproti QPSK modulaci mění i amplituda nosné vlny. Díky tomu můžeme vytvořit v I Q diagramu více stavů a tak přenést více bitů najednou (viz Obrázek 5). QAM modulací může být několik variant v závislosti na počtu stavů, se kterými pracuje. Běžně v praxi to bývá od 4QAM do 2048QAM. Během odborné praxe jsme používali maximálně modulaci 256QAM, protože i když mikrovlnné spoje, které jsme používali, uměly a měly koupené licenční klíče až do 2048QAM, pro námi nabízené rychlosti připojení 256QAM stačilo.



Obrázek 5: Konstelační diagramy několika variant QAM modulace (a) 16QAM, (b) 64QAM, (c) 256QAM

Jediné úskalí této modulace je, že u variant se zvyšujícím se počtem stavů klesá robustnost signálu. Jinými slovy je zapotřebí, aby pro požadovanou chybovost BER, byl vyšší odstup signálu nosné od šumu (CNR). (Viz Obrázek 6.)



Obrázek 6: Srovnání závislosti chybovosti BER na poměru CNR u jednotlivých M-QAM modulačních schémat a M-PSK schémat [5]

Tyto a další teoretické poznatky, které jsem se při studiu získal, jsem téměř každý den během odborné praxe prakticky využíval.

Během odborné praxe jsme nasazovali aktivní prvky od společností DragonWave, kanadská firma, Racom, česká firma, a jeden prvek od společnosti SIAE, italská společnost.

5.2 Mikrovlnné spoje od společnosti DragonWave

Jak jsem již zmínil, DragonWave je kanadská společnost se sídlem v Ottawě, která je předním výrobcem vysokokapacitních mikrovlnných spojů, jež se využívají k výstavbě IP sítí nové generace.

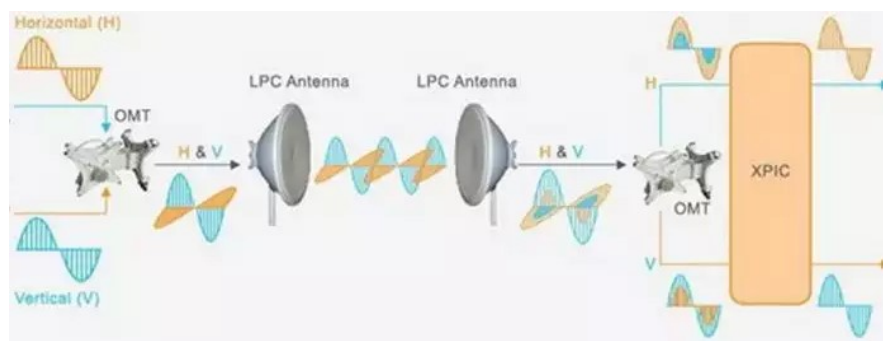
Před několik lety tato společnost skoupila společnost Nokia Siemens Networks, která se rovněž zabývala návrhem a prodejem mikrovlnných spojů a její produkty zařadila do svého portfolia.

Během odborné praxe jsem výhradně pracoval s mikrovlnnými spoji Harmony Radio a Harmony Enhanced od této společnosti.

5.2.1 Harmony Radio

Tento produkt vychází z řešení od firmy Nokia Siemens Networks. Během odborné praxe jsem pracoval s tímto typem mikrovlnného spoje ve frekvenčním pásmu 32 GHz, které patří do frekvenčního pásma s individuálním oprávněním, ve kterém je povolena kanálová rozteč 56, 28 nebo 14 MHz. Nejčastěji jsme je nasazovali s modulací 128QAM a šířkou kanálu 14 MHz.

Na tomto spoji jsme měli zakoupené licenční klíče k realizaci spojů s modulacemi QPSK – 256QAM, přenosovými rychlostmi až 400Mb/s a technologií XPIC. Tato technologie umožňuje na bezdrátovém spoji zdvojnásobit kapacitu datového spoje při stejné šířce pásma. Tudíž slouží jakoby k duplexnímu provozu. Její kouzlo spočívá v tom, že umožňuje přiřadit stejnou frekvenci jak na vertikální, tak i na horizontální polarizaci. (Viz Obrázek 7.)



Obrázek 7: Jak funguje XPIC technologie

5.2.2 Harmony Enhanced

S těmito spoji jsme během odborné praxe pracovali nejvíce a proto jsem byl požádán, abych pro tento typ spoje vytvořil skript na poloautomatickou konfiguraci za použití unixového shellu bash. Tyto spoje jsme používali v pásmu s individuálním oprávněním na frekvenci 18 GHz v bandu 2 a 3. Nejčastěji jsme je nasazovali s modulací 64 QAM a 7 MHz šířkou kanálu, což dává maximální přenosové rychlosti kolem 34 Mbit/s.

U tohoto a předchozího mikrovlnného spoje, které pracují v pásmu s individuálním oprávněním, jsem se seznámil s tím, že je rozdíl v ceně odlišných individuálních oprávnění, která se odvíjí od použité

frekvence, šířky pásma a úrovně vysílacího výkonu. Cena za maximální úroveň vyzářeného vysílacího výkonu se dělí na cenu za 0 dBm (1 mW), 10 dBm (10 mW) a 20 dBm (100 mW). Nejčastěji tyto spoje byly stavěny na relativně krátké vzdálenosti 2-3 km a tak u většiny spojů stačil maximální vysílací výkon 0dBm a anténa o velikosti 60-90 cm.

5.3 Mikrovlnné spoje od společnosti RACOM

RACOM je česká společnost vyrábějící mikrovlnné spoje se sídlem v Novém Městě na Moravě, což není daleko, takže reklamace, které jsme pro tuto firmu měli, probíhaly velice rychle. Firma RACOM se zaměřuje na vývoj a výrobu zařízení pro bezdrátový přenos dat. Jejich hlavní tři produktové řady tvoří radiomodemy, GPRS/EDGE/UMTS routery a mikrovlnné spoje.

5.3.1 RAY a RAY2

Od této firmy jsme používali mikrovlnné spoje řady RAY. Nasazovali jsme jejich první řadu RAY1 na frekvencích 10 GHz a RAY2 na frekvencích 17 GHz, což je pásmo ISM, kde není nutné k provozu mít individuální oprávnění.

5.4 Mikrovlnné spoje od společnosti SIAE

SIAE je italská společnost vyrábějící mikrovlnné spoje, která sídlí ve městě Milán a je na trhu již více než 60 let.

5.4.1 SIAE ALFO+ 80

Od této společnosti jsme používali pouze spoj SIAE ALFO+ 80, který pracuje v pásmu na frekvenci 80 GHz, které nepodléhá individuálnímu oprávnění. Toto pásmo ale ovšem podléhá registraci u ČTU. Pro tuto registraci jsme museli nahlásit GPS souřadnice spoje, názvy hostů, typ a průměr paraboly, nastavené frekvence, modulaci, šířku pásma a sériová čísla použitých jednotek.

Tento spoj díky velice velké šířce pásma (až 500 MHz) dokáže pracovat na rychlostech až 2 Gb/s, což bylo na páteřních spojkách a ke klientům požadující velmi vysoké rychlosti nutnost. Tato jednotka také podporuje technologii XPIC.

5.5 Diagnostika a práce s mikrovlnnými spoji

Jedním z mnohých úkolů, které jsem ve společnosti ha-vel internet s.r.o. jako technický pracovník měl, byla diagnostika spojů, které přestaly fungovat v naší oblasti působení, což je celá Morava, Slezsko, Slovensko a část Čech, kde jsme byli schopni v případě výpadku dorazit dříve, jak kolegové z pražské pobočky, a také diagnostika spojů, které jsme získali z naší pobočky v Praze.

Během odborné praxe se k nám dostala spousta spojů od firmy DW, protože společnost od nich koupila jednotky, které obsahovaly výrobní chyby a které bylo potřeba kompenzovat přehráváním firmwaru, bootloaderu a utilitou firmy DW s názvem Force IPL.

Také jsem dělal diagnostiku a vyřizoval reklamace a pozáruční servis jednotek RAY a RAY 2 od firmy RACOM, které obdobnými výrobními chybami, jako jednotky od firmy DragonWave netrpěly, ale také se stalo, že jim odešla nějaká část hardwaru.

5.5.1 Práce s jednotkami Harmony Enhanced

Časově nejnáročnější byla diagnostika a práce s jednotkami od firmy DW. Když jsem nastoupil na odbornou praxi, jedním z prvních úkolů byla potřeba přehrát firmware všech jednotek Harmony Enhanced, které jsme měli na skladě. Důvod pro tento krok spočíval v tom, že tyto jednotky pracují v pásmu 18 GHz, což je pásmo, ve kterém je k provozování těchto spojů potřeba individuální oprávnění a cena individuálního oprávnění se odvíjí od výkonu, který jednotka vyzařuje. Z tohoto důvodu jsme potřebovali, aby na jednotkách bylo možné nastavit úroveň vyzařovacího výkonu 0 dBm (1mW). Avšak jednotky, které jsme obdrželi, měly minimální nastavitelnou úroveň vysílacího výkonu 1 dBm.

Problém zde spočíval v zastaralém firmwaru, který nedovoloval nastavit takto nízkou úroveň vyzařovaného výkonu. Proto jsem tedy měl spolu s kolegy za úkol přehrát firmware všech jednotek, které jsme měli na skladě.

Tento proces byl velice zdoluhavý a od technika, který ho prováděl, vyžadoval pozornost, protože u něj bylo nutné tuto jednotku 2x restartovat a 2x se na ní přihlásit přes terminál za použití telnetu.

Proto jsem byl požádán, abych vytvořil skript, který by tuto proceduru zautomatizoval na maximum. Vytvořil jsem proto níže uvedený, poměrně krátký, bash skript, pro jehož spuštění je nutné mít nainstalovaný linuxový balíček tcp-expect. Tento balíček lze volně stáhnout na Ubuntu distribuci Linuxu pomocí příkazu:

```
root@pc:~# sudo apt-get install expect
```

Tento balíček dokáže sám otevřít aplikaci telnet a provést námi předem zadané příkazy s předem zadanými hodnotami.

Pomocí následujícího příkazu lze tento bash skript spustit:

```
root@pc:~# ./FWupdate.sh
```

Obsah souboru FWupdate.sh:

```
#!/usr/bin/expect          //deklarace použití expect balíčku

set timeout 20             //pokud systém 20s neodpovídá,
                           skript přestane pracovat

set hostName 192.168.10.100
set userName admin
set password tajne_heslo

spawn telnet $hostName     //spuštění aplikace telnet

expect "Username :"       //přihlášení
send "$userName\r"
expect "Password :"
send "$password\r"
expect "enhanced# "
send "import tcf ftp://server_ha-vel/harmony_enhanced_2.12.00.tcf
backup\r"                  //nahrání nove verze konfiguračního souboru
expect "*sername:"        //přihlášení na ftp server
send "anonymous\r"
```

```

expect "*assword:"
send "\r"
send "reset system" //restartování jednotky

sleep 180 //čekání, než jednotka opět najede

spawn telnet $hostName //opětovný telnet
expect "Username :"
send "$userName\r"
expect "Password :"
send "$password\r"
expect "enhanced# "
send "import omni ftp://server_ha-vel/harmony_enhanced_3.0.3.omni\r"
//nahrání nového firmwaru

expect "*sername:"
send "anonymous\r"
expect "*assword:"
send "\r"
expect "enhanced# "
send "firmware switch bank b\r" //firmware se po nahrání uloží do
vedlejší paměti B a proto je důležité poté zadat tento příkaz, aby
se po dalším restartu paměti prohodily a najel správný firmware
expect "[y/n]:"
send "y\r
reset system\r" //restartování jednotky

interact //přehrání firmwaru je hotové

```

Díky tomuto skriptu jsem zefektivnil práci techniků, kterým již přehrávání firmwaru dalších jednotek nezabíralo tolik času a mohli se věnovat jiným důležitějším věcem.

Také díky tomu, že jednotky HE měly tento nový firmware, bylo již na nich možné nastavit požadovanou úroveň vysílacího výkon 0 dBm.

Další úkol, který jsem v souvislosti s těmito spoji prováděl, byla jejich samotná konfigurace cílovým klientům. Tato konfigurace se prováděla pomocí grafického rozhraní, ke kterému se dalo dostat pomocí webového prohlížeče za použití defaultní adresy. Konfigurace těchto spojů byla také velice časově náročná, hlavně z důvodu odezvy grafického systému, která nebyla úplně nejrychlejší a tak jsem opět využil vědomostí, které jsem získal během studia při konfiguraci CISCO routerů a linuxu přes příkazovou řádku, a napsal jsem skript, který tentokrát nepřehrál firmware jednotky, ale nakonfiguroval ji do podoby, kterou jsme potřebovali k finálnímu nasazení na síť.

Obsah souboru konfigurace.sh s popisem jednotlivých funkcí:

```

#!/usr/bin/expect //deklarace použití balíčku expect

set timeout 20

set hostName 192.168.10.100 //ip adresa telnetu
set userName admin //nastavení přihlašovacích údajů
set password tajne_heslo

```

```

set jmenoSpoje jmeno-mikrovlnneho-spoje //maximálně 31 znaků
set lokace Ostrava //lokalita, kde je nainstalována
set bandwidth 7.00 //nastavení šířky pásma
set modulace en7_34_64qam //nastavení modulace
set vykon 10.0 //nastavení vysílacího výkonu
set TxFre 18580000 //nastavení vysílací frekvence
set RxFre 19590000 //nastavení přijímací frekvence
set ipAdresa 10.10.10.10 //ip adresa po konfiguraci
set defaultGw 10.10.10.254 //nastavení defaultní brány

spawn telnet $hostName //spuštění telnetu

expect "Username :" //přihlášení
send "$userName\r"
expect "Password :"
send "$password\r"
expect "enhanced# "
send "configure\r //konfigurační mód

system name $jmenoSpoje\r //konfigurace jména alokace
system location $lokace\r
radio profile etsi $bandwidth $modulace\r //konfigurace modulace
radio frequency $TxFre $RxFre\r //konfigurace frekvencí
radio transmit state enable\r //zapnutí vysílače
radio transmit power $vykon\r //konfigurace výkonu
radio atpc state disable\r //vypnutí atpc (kvůli ladění systému)

system current-speed 1000\r //konfigurace rychlosti portů

snmp server 1 snmp_server1\r //konfigurace snmp serverů
snmp server 2 snmp_server2\r

management interface vlan-id 1 gi0/1 out-of-band no-vlan-tag gi0/2
none no-vlan-tag gi0/3 none no-vlan-tag gi0/4 inband no-vlan-tag\r"
//změna odchozího portu
expect "Continue? Enter Y(Yes) or N(No) "
send "Y

snmp group grpReadOnly security SNMP_skupina security-model v2c\r
//konfigurace snmp skupiny a komunity
snmp community index c1 name SNMP_jmeno security SNMP_heslo\r
no snmp group security security public security-model v1\r
//odstranění základních snmp skupin
no snmp group security security public security-model v2c\r
no snmp group security security public security-model v3\r

management ip $ipAdresa netmask 255.255.255.0 gateway $defaultGw\r"
//změna ip adresy
expect "Continue? Enter Y(Yes) or N(No) "

```

```

send "Y"

spawn telnet $ipAdresa          //po změně ip adresy se musíme znovu
                                přihlásit
expect "Username :"
send "$userName\r"
expect "Password :"
send "$password\r"
expect "enhanced# "
send "save running-config\r //uložení konfigurace do paměti
logout\r"                      //odhlášení

interact                        //konfigurace je hotová

```

5.5.2 Problémy s IPL

Problém s nastavením úrovně vysílacího výkonu 0 dBm nebyl jediným problémem, se kterým jsme se u těchto jednotek za dobu trvání mé odborné praxe setkali. Dalším problémem se týkal pouze jednotek z úplně první várky, které již ale všechny byly nasazené na síti, takže k vyřešení tohoto problému bylo nutné je všechny stáhnout ze sítě, nahradit je a opravit je.

Závada na těchto jednotkách byl špatný bootloader, což je takový malý program, který se spouští při stratu jednotky a který kontroluje stav jednotky a nese v sobě informace o uložení operačního systému a konfigurace jednotky.

Právě tento program zapříčinil, že při každém startu jednotky a její kontrole, pustil do vysílací části větší napětí, než na které byla jednotka stavěná a postupně tuto část zařízení úplně zničil. Chyba se většinou projevila po 40ti spuštěních jednotky a způsobila její nefunkčnost. Tato chyba se projevila pouze u bootloaderu verze 1.0.4 a níže. Verze 1.0.5, na kterou jsme jednotky předělávali, již tuto chybu neobsahovala.

Před opravou bylo důležité zjistit, které jednotky tímto problémem trpí, a tak jsme po přihlášení na jednotku za pomoci telnetu zadali příkaz:

```
enhanced# show hardware inventory
```

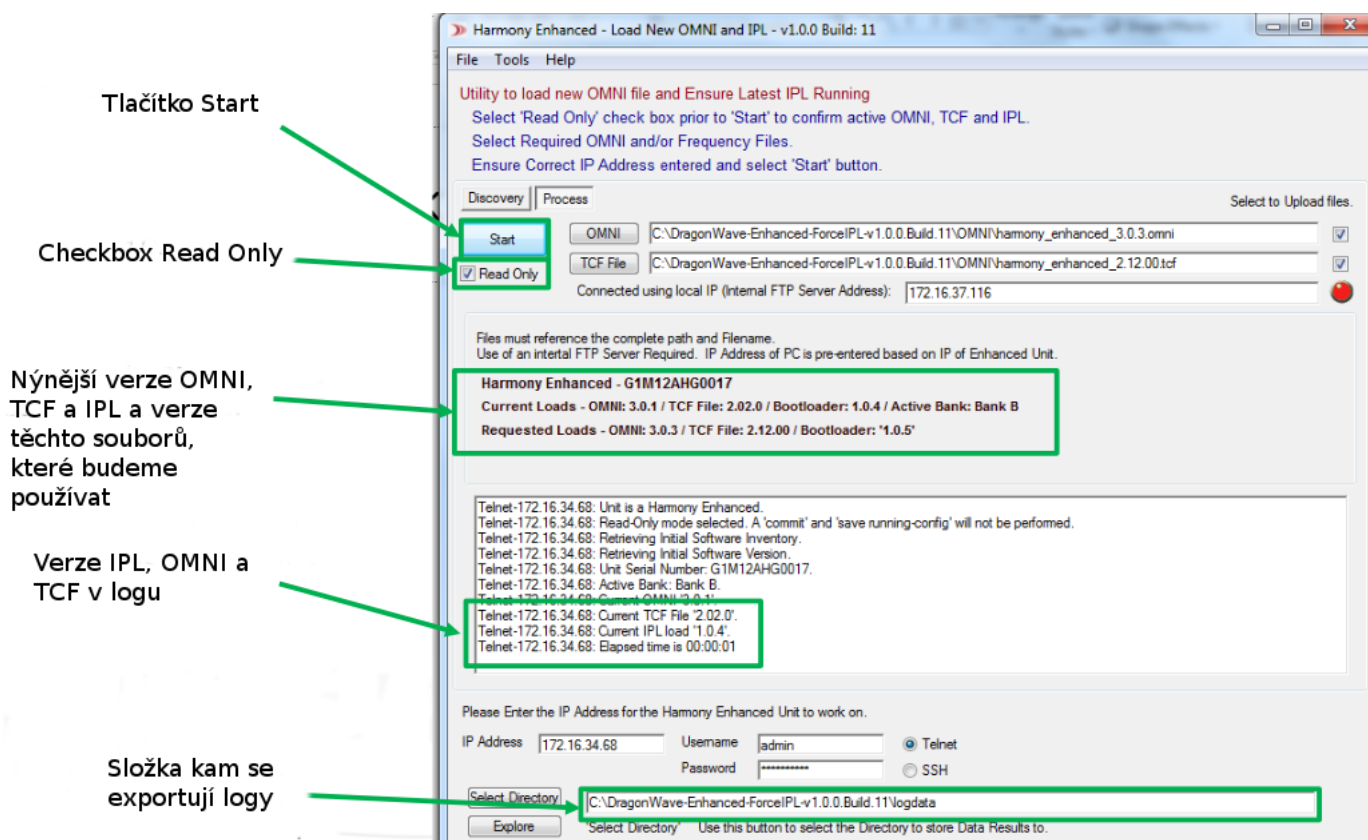
Po jeho zadání jsme zjistili aktuální verzi IPL bootloaderu a stanovili, zda je potřeba jednotku stáhnout ze sítě. Pokud ano, připravili jsme za ní náhradu se stejnou konfigurací a jednotku jsme vyměnili a opravili.

Oprava tohoto problému spočívala v přehrání bootloaderu na nejnovější verzi pomocí utility od firmy DW s názvem Force IPL. Jedná se o aplikaci na zakázku vyvinutou společností DragonWave k updatu jednotek na určenou verzi OMNI, TCF a poslední verzi IPL. Takřka se dá říci, že jde o část Merlina s přídatnou funkcí updatu IPL. (Merlin je vynikající nástroj od společnosti DW k diagnostice těchto jednotek, který dokáže přesně určit její závadu – nefunkčnost vysílací/přijímací části, zjištění IP adresy zařízení, nefunkčnost Ethernet portu atd.)

V aplikaci Force IPL je zabudován FTP server, který se automaticky doplní do stejné podsítě, jako je cílové zařízení – pouze v případě, pokud se nevyplní vlastní zdrojová adresa zařízení. Utilita jednotce vtlačí speciální OMNI load obohacen o IPL, aniž by muselo dojít k lokálnímu přepojení kabelu a sama několikrát jednotku restartuje.

K řešení tohoto problému jsme pro další techniky vytvořili tento pracovní postup:

- Spustíme utilitu, potvrdíme úvodní okno tlačítkem OK. A objeví se nám tato aplikace. (Obrázek 8.)
- Pomocí tlačítek OMNI a TCF file vybereme cesty k příslušným souborům. Utilita při rozbalování vytvoří zvlášť složku, kde jsou uloženy aktuální verze obou souborů (nyní 3.0.3 a 2.12.0). Do políčka pod těmito řádky napíšeme adresu, kterou má náš PC v dané ha-vel podsíti. Například můj notebook měl přiřazenou statickou adresu 172.16.37.116.
- Ve spodní části utility vyplníme čtyři okna. IP adresu zařízení, na kterém přehráváme firmware, Username (uživatelské jméno), Password (heslo) a také vybereme složku, kam se budou exportovat logy.



Obrázek 8: Utilita Force IPL a její nastavení

- Pokud chceme prvně vyčistit aktuální verze souborů v jednotce, což se doporučuje, necháme zaškrtnuté zatržítko Read Only pod tlačítkem Start. Nad logem se uprostřed celé utility vypíše Current Loads – na čem nám jednotka právě běží – a Requested Loads – na čem poběží. Final Loads se objeví až po celkovém přehrání, aby nás informoval, o změně na vyšší verzi.
- Jakmile víme, že jednotka potřebuje novější verze firmwaru, odškrtneme checkbox Read Only a znovu spustíme Start. Utilita nás naposledy upozorní, jestli chceme přehrát firmware a vypíše nám finální informace. Celý proces započne. Jednotka se v průběhu několikrát restartuje. Pokud sledujete log, můžete si všimnout, že utilita po každém restartu čeká na 10 úspěšně vrácených

příkazů ping. Poté se zapne interní časovač trvající 10 minut. Je třeba být trpělivý a počkat celou dobu.

- Až utilita dokončí celý proces, můžeme si jak v logu, tak ve výpisu verzí všimnout, že nyní běží na poslední verze.

5.5.3 Diagnostika mikrovlnných spojů

V průměru asi polovina „vadných“ mikrovlnných spojů, které se k nám dostaly, ať již z Prahy, nebo od našich techniků, přišly s problémem, že se na ně nedá dostat. Tento problém ale většinou nebyl zaviněn špatným ethernet portem nebo nefunkčností jednotky, ale neznalostí IP adresy jednotky, protože například adresa, která byla napsána na jednotce, byla zastaralá.

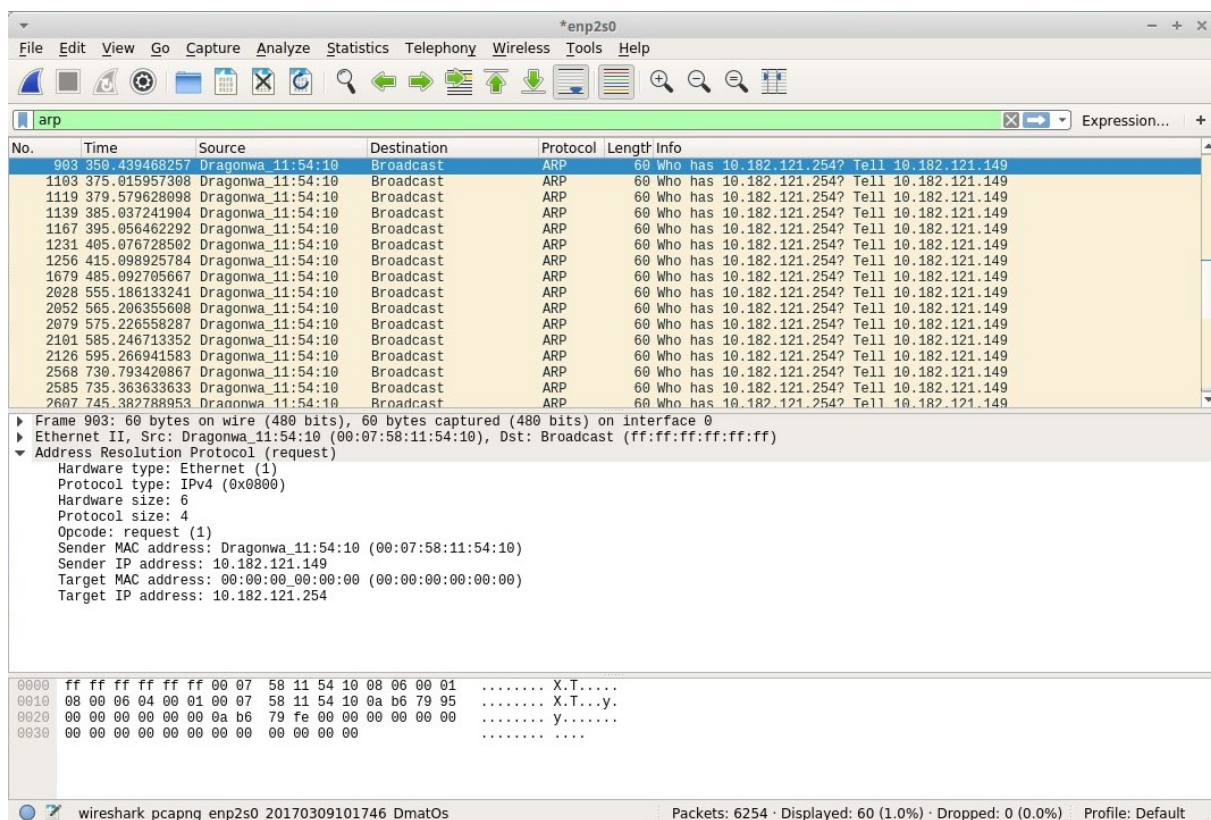
Proto při každé diagnostice jsem začal tím, že jsem si otevřel program Wireshark a snažil jsem se odchytit IP adresu, kterou jednotka vysílala buď pomocí LLDP nebo ARP protokolu. Na Obrázek 9 je příklad odchycení ARP paketu se zdrojovou adresou 10.182.121.149.

Práci s tímto programem jsem si osvojil již při studiu v předmětech Spojovací soustavy a Praktikum komunikačních sítí. V práci jsem na této základní znalosti stavěl a dále ji rozvíjel.

Poté, co jsem zjistil IP adresu, jsem se snažil zjistit, v jakém stavu samotná jednotka je. Toto jsem se snažil zjistit tak, že jsem se na ní pokusil přihlásit přes webové rozhraní a pak jsem se například na spojích HR podíval do kolonky alarm list, kde jsem viděl, co je s jednotkou špatné. U HR byl většinou problém ten, že u nich přestala fungovat vysílací část jednotky. U ostatních jednotek jsem se snažil tyto jednotky spojit s úplně novým kusem, u kterého bylo jisté, že funguje. U jednotek HE jsem k zjištění stavu jednotky používal program Merlin.

I když se tyto jednotky spojily, tak to automaticky neznamenal, že jsou v pořádku. Proto jsem je poté dal na jeden až tři dny do jiné místnosti na „testovací kozu“, nebo jsem je položil na stůl, což záviselo na použité jednotce a nastavených parametrech, a připojil do vstupu jedné jednotky simulátor síťového provozu GEA 8120A a do druhé síťový loopback NTA-8710A. (Viz Obrázek 10.) Obě tyto zařízení jsou od firmy DADI Communication Technology Co., Ltd. Simulátor síťového provozu měl také funkci, která zjišťovala počet chybných paketů, které se vracely, a paketů, které nedorazily vůbec a vytvářela z těchto dat statistiky a hlášení.

Pokud ihned po zapnutí tohoto měřicího přístroje začaly nabíhat chybné pakety ve velkém množství, většinou byla chyba právě v ethernetovém portu, jeho čipu anebo kabelu, který byl například nesprávně nakrimpovaný. Když tento problém nastal, nejprve jsem použil jiné ethernetové kabely k testovacím zařízením a k jednotkám, pokud se stále nic neměnilo, nakonfiguroval jsem na zařízení jiný port pro datovou komunikaci a měřicí zařízení do něj přepojil, když i nadále chyby přetrvávaly, pak byl problém v rádiovém přijímači/vysílači.



Obrázek 9: Příklad odchyťování ARP paketů k zjištění zdrojové adresy



Obrázek 10: Testování jednotek Harmony Radio

Pokud ale přicházely špatné nebo ztracené pakety jen v malé míře, většinou tyto ztráty měl na svědomí vysoký útlum „testovací kozy“, odrazy od stropu do různých směrů a složitost modulace. Kvůli těmto dvěma faktorům se snižuje úroveň MER a častěji dochází k těmto ztrátám.

Některé problémy se u jednotek RAY daly odstranit za pomoci resetování jednotek do továrního nastavení za pomoci hardwarového tlačítka na základní desce jednotky.

Pokud testy těchto jednotek dopadly v pořádku, nasazovali jsme je zpět do terénu do blízkého okolí, aby, kdyby se chyby začaly projevovat později, bylo snazší a rychlejší je vyměnit za nové kusy. Pokud ale testy dobře nedopadly, napsal jsem na ně problém, kterým trpí, a v případě spojů od firmy RACOM jsem rovnou na internetu vyplnil RMA zprávu a poslal je na reklamaci. Pokud nastal problém na jednotce od firmy DW, tak se k nám dálkově připojili technici z Londýna a sami museli vidět, že jednotka opravdu nefunguje, aby reklamaci mohli autorizovat.

6 Agregace VDSL linek, vyrábění tzv. „beden“

Další úkol, který byl jen o něco méně časově náročný, než práce s mikrovlnnými spoji, byla práce na takzvaných „bednách“.

„Bedny“, jak jsme jim v práci lidově říkali, obsahovaly několik VDSL modemů, které jsme pomocí routeru od firmy Mikrotik nebo ZBT, na kterých byl pro ně vytvořený most, agregovaly do jednoho společného připojení. Důvod pro montování těchto beden byl jednoduchý – limitace uploadu u technologie VDSL.

VDSL (Very High Speed DSL), se vyznačuje nesymetrií přenosových rychlostí. Frekvenční přenosové pásmo standardu VDSL 998 je rozděleno na pásmo pro POST/ISDN, na nízkých kmitočtech, a na pásma pro downstream a upstream, která se střídají počínaje pásmem pro downstream. Upstream pásmo má kvůli obsazení vyšších frekvencí nižší přenosové rychlosti z důvodu vyššího útlumu na těchto frekvencích. Za ideálních podmínek má technologie VDSL 998 maximální přenosové rychlosti 45 Mbit/s pro downstream a 20 Mbit/s pro upstream, reálně však jsou přenosové rychlosti okolo 20 Mbit/s pro downstream a 5 Mbit/s pro upstream. Požadavky našich klientů na upstream byly však vyšší, a tak jsme tyto jednoty sdružovali, čímž se jejich rychlosti sčítaly.

Toto řešení, kromě zvýšených přenosových rychlostí, také nabízelo vyšší redundanci než jedno modemové řešení. Pokud se na některém modemu objevila závada a přestal fungovat, stále tam byly další modemy, které ho dokázaly nahradit.

Další redundanci, kterou jsme u těchto beden měli vyřešenou, byl LTE modem, který byl připojen do některého z modemů a ten byl nastaven tak, že při výpadku telefonní linky začal fungovat a nahradil tak dosavadní připojení.

Tyto bedny jsme dodávali se 3 až 8 modemy v závislosti na požadavcích od zákazníka. (Viz Obrázek 11.)

Na těchto bednách jsem během odborné praxe dělal úplně vše, od jejich sestavování, až po konfiguraci routerů, které byly vně. Vyráběl jsem přímé UTP kabely, napájecí kabely, vnitřní elektroniku a upravoval jsem bedny do podoby, ve které se do nich daly VDSL modemy nainstalovat.



Obrázek 11: „Bedna“ s 8 mi modemy

6.1 Práce s routery od firmy Mikrotik a ZBT a jejich konfigurace

Pro tyto bedny jsme používali routery od firmy Mikrotik a ZBT. Od Mikrotiku to byl RouterBoard RB750 a od ZBT to byl WE826e. RouterBoard byl standardně dodáván s operačním systémem od výrobce – RouterOS – a ZBT routery byly dodávány jen s mírnou modifikací originálního OpenWRT systému. Oba tyto routery podporují operační systém OpenWRT, druhý zmiňovaný již od výroby.

6.1.1 OpenWRT

OpenWRT je embeddovaný operační systém založený na Linuxu. Jeho hlavním využitím jsou embedded zařízení (což jsou zařízení, která jsou kontrolována pro dlouhodobý, nepřetržitý provoz) ke směrování síťového provozu (směrovače). Právě proto, že je určen pro tato zařízení, která nemají tolik operační paměti, výpočetního výkonu a úložného prostoru, jsou všechny komponenty tohoto operačního systému velikostně optimalizovány.

OpenWRT se primárně konfiguruje prostřednictvím příkazové řádky (ash shell) anebo jej lze také konfigurovat přes webové rozhraní prostřednictvím nadstavby známé jako LuCI. Existuje více než 3500 volitelných softwarových balíčků, které lze na tomto operačním systému instalovat. Tyto balíčky se instalují pomocí opkg, což je řídicí balíčkový systém napsaný v jazyku C.

První vydání tohoto operačního systému bylo v lednu v roce 2004 a dnes existuje již 15 verze tohoto systému. Za asi 12 let, co existuje, byl přeložen do 22 jazyků.

OpenWRT lze provozovat na mnoha různých zařízeních včetně CPE (Customer-premises equipment) směrovačů, domácích přístupových bran (residential gateways), smartphonů, kapesních

počítačů a notebooků. Existují také i emulace na osobní počítače založené na architektuře x86. Celkově podporuje přes 50 různých platforem, které používají instrukční sady jako ARM, MIPS, SPARC atd.

Na našich směrovačích jsme používali operační systém OpenWRT, který byl upraven pro naši firmu a naše potřeby. Na firemních webových stránkách jsme měli i návod, jak tento upravený systém nahrát na tyto routery.

6.1.2 Přehrávání firmwarů směrovačů RB750 a ZBT WE826e

Jak jsem již naznačil, oba tyto routery měly jiný postup při přehrávání firmwaru.

Nejprve bych začal routerem Mikrotik RouterBoard RB750 (viz Obrázek 12). Tento router od výroby měl operační systém RouterOS. Způsob, jak se tento operační systém dá přehrát na operační systém OpenWRT je pomocí síťového obnovovacího módu. Postup, jak se do něj dostat a přehrát je velice jednoduchý.

- Router musí být zapojený do firemní sítě pomocí rozhraní eth0 (port 1).
- Před zapojením napájení je potřeba držet tlačítko reset tak dlouho, dokud při připojení napájení nezačne blikat kontrolka ACT.



Obrázek 12: Rozhraní routeru RouterBoard RB750

- Poté můžeme tlačítko reset přestat držet a router si sám ze sítě stáhne firmware s operačním systémem OpenWRT.
- Že vše je hotovo napoví tím, že jeho kontrolní diody se začnou postupně rozsvěcovat a tento jev zmizne po přihlášení se na router, zadání sériového čísla a restartu modemu.
- Poté je tento router dostupný k další konfiguraci na defaultní adrese.

Router ZBT WE826e se přehrával úplně jiným způsobem, protože na něm již systém OpenWRT běžel.

- Nejprve se přihlásilo do tohoto systému pomocí webového rozhraní LuCi přes defaultní IP adresu.
- V záložce System -> Backup/Flash Firmware se oddělalo zatržítko u možnosti Keep Settings, protože jsme nechtěli zachovat již použitou defaultní konfiguraci od výrobce.
- Pak jsme na svém PC vybrali soubor s příponou .bin (o velikosti asi 10Mb) a potvrdili volbu pomocí tlačítek Upload a Proceed.

Při tomto procesu bylo nutné, aby PC bylo zapojené v portu 4 a firemní síť v portu 0, protože se při instalaci opět stahovala konfigurace z firemní sítě.

Tyto routery jsme objednávali několikrát a tak měly od výroby trochu jinou verzi OpenWRT systému. Novější konfigurace neumožňovala restart systému z příkazové řádky a pokud jsme jej provedli, tak se zacyklil a k odcyklení bylo potřeba odpojit a poté připojit napájení. Takže zatímco starší firmware se přehrál plně automaticky, u novější verze bylo nutné provést tuto malou změnu.

Úspěšné přehrání firmwaru napověděly opět led diody, kde přestala svítit červená systémová dioda a svítily pouze diody modré. Poté byl router dostupný na defaultní adrese.

6.1.3 Konfigurace routerů pro VDSL „bonding“

Finální konfigurace obou těchto routerů již probíhala stejně, protože na nich byla totožná verze operačního systému a počáteční konfigurace.

Vždy po prvním přihlášení do systému pomocí SSH bylo potřeba zadat sériové číslo jednotky a pak zadat v příkazovém řádku příkaz `konfigurace` a vybrali jsme, kterou úlohu měl daný router vykonávat, zda VDSL „bonding“, obecný „bonding“, obecný router atd. a finální konfigurace se stáhla z firemní sítě.

Pokud jsme ale zapomněli mít při instalaci ZBT routeru v portu 0 firemní síť, tak při zadání příkazu konfigurace operační systém nahlásil chybu. K odstranění jsme museli provést ještě dva kroky:

- Vytvořit složku addons pomocí příkazu `touch /etc/addons`
- Spustit soubor `rc.local` příkazem `./rc.local`.

Poté se stáhly potřebné soubory k výběru finální konfigurace ze sítě. A mohli jsme již zadat příkaz `konfigurace`.

Po stažení této konfigurace byl nutný restart jednotky a následně jsme tuto staženou konfiguraci upravili podle potřeb instalace.

VDSL „bonding“, který jsme používali u beden, vždy po výběru konfigurace VDSL „bonding“ stáhl konfigurační soubory pro všechny modemy, které jsme používali. Tyto konfigurační soubory pak změnily konfiguraci VDSL modemů tak, že jim změnily jejich IP adresu a požádal o jejich MAC adresu. Tyto údaje si poté router automaticky uložil do souboru `dsl_ip`, a také tyto VDSL modemy restartoval.

Aby router věděl, kde se VDSL modemy nacházejí, bylo potřeba upravit soubor `rc.local`, kde bylo nastavení, na kterých portech má router pomocí programu spuštěného na pozadí hledat VDSL modemy.

Poté, co byla krabice osazená, pak stačilo jen zapnout VDSL modemy, počkat, až naběhnou, a pak zapojit router a jen ho nechat dělat svou práci – zjistit pomocí programu spuštěného na pozadí, kde jsou modemy, nahrát do nich konfiguraci, získat jejich IP a MAC adresu, uložit si ji, aby věděl, pod jakou adresou se tyto modemy nacházejí, vytvořit na portech, kde se nacházejí, most a restartovat je.

Při tomto úkolu jsem uplatnil znalosti z mnoha předmětů. Znalost konfigurace Linux systémů, znalost příkazů, které se v Linuxu používají k základním operacím, krimpování RJ-45 a RJ-11 konektorů a porozumění tomu, jak tyto systémy fungují.

7 Konfigurace MASH sítě na zařízeních Aruba AP-103

Úplně první úkol, který jsem na odborné praxi dostal bylo zprovoznění dvou zařízení Aruba AP-103 (viz Obrázek 13), na kterých měla být nastavená MASH síť a které pak byly dodány klientovi. Musím říct, že to byl velice zajímavý začátek odborné praxe, protože s tímto zařízením ve firmě zatím ještě nikdo nepracoval, a tak mě nikdo moc nedokázal poradit, jak to mám udělat. Musel jsem proto prostudovat celkem dost anglické literatury, abych věděl, jak a co nastavit, abych tato zařízení zařadil do společné MASH sítě a společně fungovala a rozšiřovala tak dosah Wi-Fi signálu.

Aruba AP-103 je samostatný přístupový bod, což znamená, že u tohoto zařízení se předpokládá, že bude plnit jen svou jedinou funkci, ke které byl navržen, a to poskytování připojení k síti anebo zvětšování plochy pokrytí Wi-Fi signálu.

Tento Access Point má jen jedno rozhraní RJ45, které je umístěno v zadní části, které slouží jak k přístupu do sítě, tak i k napájení jednoty pomocí technologie PoE. Také obsahuje 2 integrované antény, které mají zisk 4 dBi. Tyto antény jsou v konfiguraci 2x2 MIMO. Jeho Wi-Fi část dokáže pracovat ve 2,4 a 5 GHz ISM pásmu a pracuje se standardy 802.11 a/b/g/n s maximální rychlostí až 300 Mb/s.

Konfigurace se provádí přes grafické rozhraní ve webovém prohlížeči, kde máme přístup do operačního systému ArubaOS.



Obrázek 13: Ilustrační obrázek zařízení Aruba AP-103

Součástí tohoto úkolu bylo i vypracování manuálu pro další techniky, kteří by se s podobným nebo stejným zařízením od firmy Aruba setkali a museli by řešit stejný problém.

Tento manuál pro další techniky přikládám zde:

7.1 Jak nastavit zařízení Aruba AP-103

1. Nejprve zapojíme první AP do Ethernetu s internetovým připojením a necháme ho nabootovat, dokud se nerozsvítí zelená dioda na 2,4GHz.

2. Připojíme se na Wi-Fi s názvem instant a poté do prohlížeče zadáme adresu `instant.arubanetworks.com`.

3. Na vyžádání zadáme přihlašovací údaje (výchozí nastavení: jméno: admin, heslo: admin).

4. Musíme obě AP postupně připojit do stejného Virtual Controlleru. To uděláme tak, že klikneme v pravém horním rohu na odkaz System, kde v obecném nastavení (General) změníme položku Jméno (Name) na námi zvolený název virtuálního řadiče (Virtual Controller).

5. Pokud chceme tyto dvě AP lépe od sebe rozpoznat, můžeme změnit i jejich fyzické jméno tím, že na hlavní stránce uprostřed v kolonce Access Points klikneme jednou na náhodně vygenerované jméno. Pak se u něj zobrazí položka edit, na kterou opět klikneme. Zobrazí se menu, kde opět změníme položku jméno (Name) na námi zvolené jméno APčka (přístupového bodu).

6. Takto stejně překonfigurujeme i druhé AP.

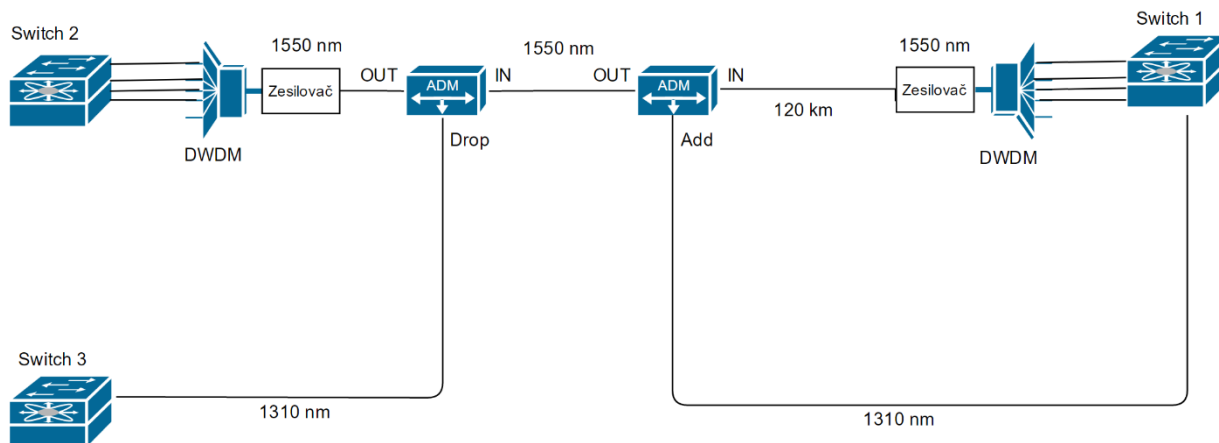
7. Poté, co máme obě AP ve stejném Virtual Controlleru a zapojené ve stejné síti (když obě zapojíme do stejné sítě, tak trvá celkem dlouho (asi 3 minut) než se spolu domluví, zkonfigurují a začnou spolu spolupracovat, mohou se i několikrát zrestartovat) a obě jsou ve stavu, kdy jim svítí zelené diody u 5 a 2,4 GHz (svítí podle toho, které pásmo Wi-Fi je zapnuté), tak se opět připojíme přes webové rozhraní.

8. Zde změníme nastavení Wi-Fi sítě, kde na hlavní stránce vlevo, v kolonce Network klikneme na New, otevře se okno, kde zadáme jméno sítě a použití. Klikneme na next. Necháme zapnutou položku Network assigned, pod kterou můžeme vybrat, ve které VLANě má vysílat anebo necháme možnost Default (Výchozí). Klikneme na next. Dále vybereme způsob zabezpečení a zadáme heslo. Klikneme na next. Pokud již máme nakonfigurované nějaké přístupové pravidla, můžeme je zde na naší bezdrátovou síť, kterou vytváříme, nastavit. Jinak klikneme na next a Wi-Fi síť je nakonfigurována. Tato změna se projeví na obou AP.

9. Připojíme se na nově nastavenou síť.

8 Testování a konfigurace optického spoje

Jeden z dalších kratších úkolů, který byl dán mně a mému kolegovi, byla potřeba v místních podmínkách otestovat optický spoj dříve, než bude nasazen na síť, a zjistit maximální vzdálenost, při které bude optického připojení ještě dostupné.



Obrázek 14: Schéma fyzického zapojení optického spoje

K tomuto spoji jsme dostali několik specifikací, které měl splňovat. Potřebovali jsme, aby přes jedno vlákno bylo možné přenést 60 Gbit/s v obou směrech. Bylo nám tedy zřejmé, že bude potřeba použít technologii DWDM, která dokáže přes jedno vlákno přenést více rozdílných vlnových délek a tak rozšířit kapacitu média a zajistit obousměrnou komunikaci.

Dalším kritériem byla nutnost připojit k tomuto „hlavnímu páteřnímu spoji“, který pracoval na ve třetím okně propustnosti na vlnových délkách okolo 1550 nm, odbočku na klienta, který by komunikoval přes stejné přenosové médium na vlnové délce 1310 nm. K připojení tohoto klienta jsme použili optické slučovače, které si firma nechává vyrábět na zakázku v Číně.

Poté zapojení všech těchto částí jsme se mohli vrhnout do samostatného testování.

Než jsme však k němu mohli přistoupit, byla potřeba ještě nakonfigurovat přepínače. V tomto zapojení jsme používali přepínače od firmy HP 5120. Tento přepínač obsahoval 24 1Gbit/s portů a 4 10Gbit/s SPF+ rozhraní.

Mým úkolem byla samostatná konfigurace. Byla to má první zkušenost s přepínači od firmy HP a příkazy, které jsem používal v příkazové řádce se lišily od příkazů, které jsem znal z předmětů, kde jsme se učili konfigurovat CISCO zařízení, ale princip byl prakticky stejný. Nakonfiguroval jsem na těchto přepínačích VLANy, abych na nich oddělil síťový provoz a na přepínači 1 šlo měřit jak 1550 nm, tak 1310 nm část spojení. Poté jsem na dvou 10Gbit/s SPF+ portech na přepínačích 1 a 2 nakonfiguroval linkovou agregaci a přidal ji do VLANy 100. Jeden 10Gbit/s SPF+ port na přepínači 1 a 3 jsem nakonfiguroval s VLANou 200 a tak jsem oba tyto síťové provozy oddělil. Také jsem na každém

přepínači nastavil jeden 1Gbit/s ethernetový port příslušné VLANy, abychom k nim mohli připojit ethernetový analyzátor a zjistit, zda stále probíhá komunikace správně a bez chyb.

Ze začátku jsme měření prováděli bez optických zesilovačů, a tak jsme se při měření dostali až na vzdálenost 60 km, při které jsme dokázali komunikovat bez chyb. Při vzdálenosti 70 km a výše již docházelo k chybám během přenosu, které byly zapříčiněny celkovým vysokým útlumem. Tento útlum vnášelo několik faktorů, ke kterým patřil útlum na optických spojkách a konektorech, DWDM zařízeních, optických slučovačích a samotných vláknech.

Po připojení optických zesilovačů jsme byli schopni na našem zapojení komunikovat beze ztrát na vzdálenost až 120 km. Při vzdálenosti 130 km jsme se již nebyli schopni spojit současně na obou vlnových délkách kolem 1550 nm, ale jen na jedné, ale i na té jsme již přijímali chybné pakety a občas padal link. Při měření útlumu na této vzdálenosti jsme zjistili, že není velký, pouze kolem -14 dB, což je hodnota, při které se dá ještě bez problému komunikovat. Limitujícím faktorem zde byla chromatická a polarizačně módová disperze, při které nastává rozšíření impulzu a neschopnost detekovat správně přijímané hodnoty.

Posledním úkolem bylo vytvořit fyzický schéma optického spoje, které je zde uvedeno jako Obrázek 14.

9 Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a zhodnocení

Jsem velmi vděčný za to, že jsem mohl tuto odbornou praxi absolvovat. Zprvce mi pomohla uplatnit dovednosti a znalosti, které jsem získal během studia bakalářského oboru telekomunikací na VŠB-TU. Během odborné praxe jsem se setkal s mikrovlnnými spoji, kde jsem mohl stavět na znalostech, kterým jsem se naučil během dvou předmětů radiokomunikační techniky, dále jsem se setkal s optickými spoji, kde jsem využil znalosti z předmětů optoelektronika a přenosové systémy a média. S konfigurací přepínačů a směrovačů jsem neměl problém díky předmětům jako praktikum komunikačních sítí, přenos dat, počítačové sítě a dalším, které byly založeny na práci se systémem Linux.

Díky této možnosti jsem se dostal do reálného pracovního prostředí, kde je nutné, aby člověk věděl, co dělá a do čeho se pouští, a naučil jsem se správným pracovním návykům.

Zjistil jsem, že práce ve firmě nemusí být něco nezábavného a něco, co děláte každý den nějakým stejným způsobem. Zjistil jsem, že skoro každý den odborné praxe jsem se naučil něco nového, ať již to bylo od kolegů anebo protože mě zajímalo více do hloubky, jak věci fungují.

Díky znalostem, které jsem získal během studia, jsem se také snažil práci kolegům ve firmě zjednodušit a vymýšlet způsoby, jak by vše šlo dělat lehčeji a efektivněji. Za tuto snahu jsem byl od svých nadřízených pochválen a byli se mnou velmi spokojeni.

Znalost, která mi v průběhu odborné praxe chyběla, byla například konfigurace přepínačů od společnosti HP, jejichž konfigurační příkazy se lišily od těch, které jsem znal od společnosti CISCO. Také mi chyběly znalosti pokročilé administrace Linux systému.

Tyto chybějící znalosti jsem si však během odborné praxe doplnil a dokázal je uplatňovat a pracovat samostatně bez dozoru techniků, kteří s nimi měli větší zkušenosti.

Absolvování odborné praxe bylo pro mě osobně velmi přínosné a určitě bych ji doporučil každému, koho obor telekomunikací zajímá a chtěl by se v praxi setkat s technologiemi, které se běžně využívají, ale se kterými se například ve školních laboratořích může setkat pouze na několik hodin, což je dobré k tomu, aby věděli, co od určitého přístroje mohou očekávat, ale není to dostatečné na to, aby dané technologii opravdu porozuměl a snažil se ji porozumět hlouběji. Také je to dobrá pracovní zkušenost a při hledání budoucího zaměstnání bude jistě cenná.

Použitá literatura

- [1] ha-vel internet s.r.o.. *O nás* [online]. Ostrava: ha-vel internet s.r.o., 2014 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://ha-vel.cz/cs/node/16>
- [2] Specific Attenuation for Atmospheric Oxygen and Water Vapor. In: *Propagation Tutorial* [online]. South Oxfordshire: Mike Willis, 2006 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.mike-willis.com/Images/gasloss1.gif>
- [3] DVORSKÝ, Marek. *Základy bezdrátových komunikací pro integrovanou výuku VUT a VŠB-TUO*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3557-0.
- [4] *Všeobecné oprávnění č. VO-R/14/12.2012-17 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení v kmitočtovém pásmu 10 GHz*. In: Praha: Český telekomunikační úřad, 2012, 092/2012-613, ČTÚ-187. http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok_2012/vo-r_14-12_2012-17.pdf
- [5] Understanding Modern Digital Modulation Techniques. In: *Electronic Design* [online]. USA: Electronic Design, 2012 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: http://electronicdesign.com/site-files/electronicdesign.com/files/archive/electronicdesign.com/content/content/64598/64598_fig07_inline.gif